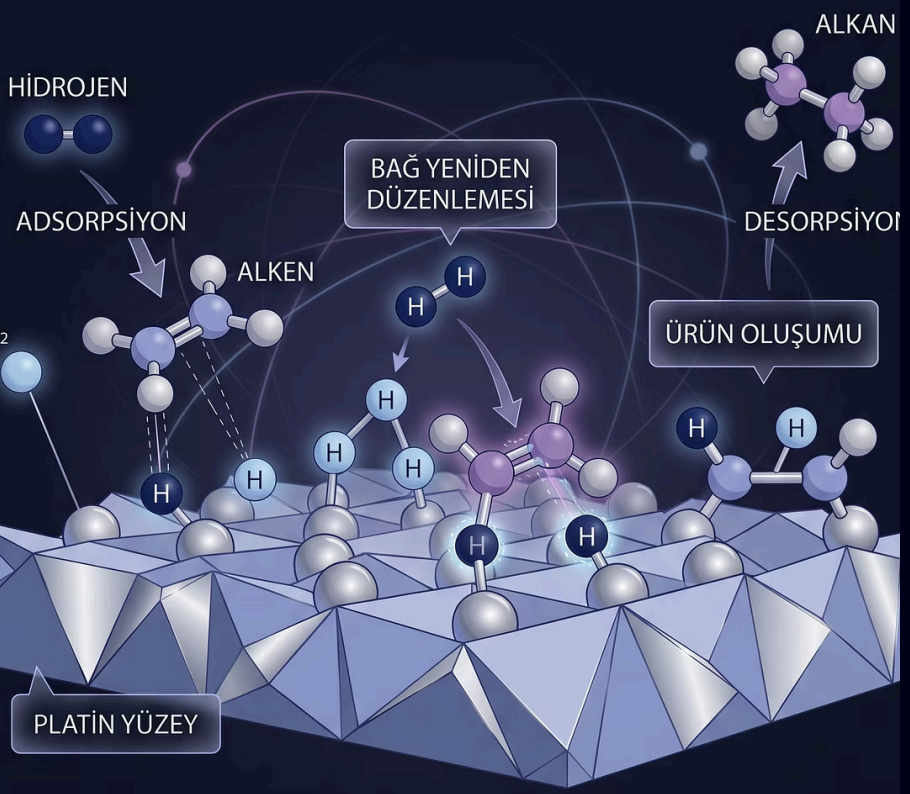
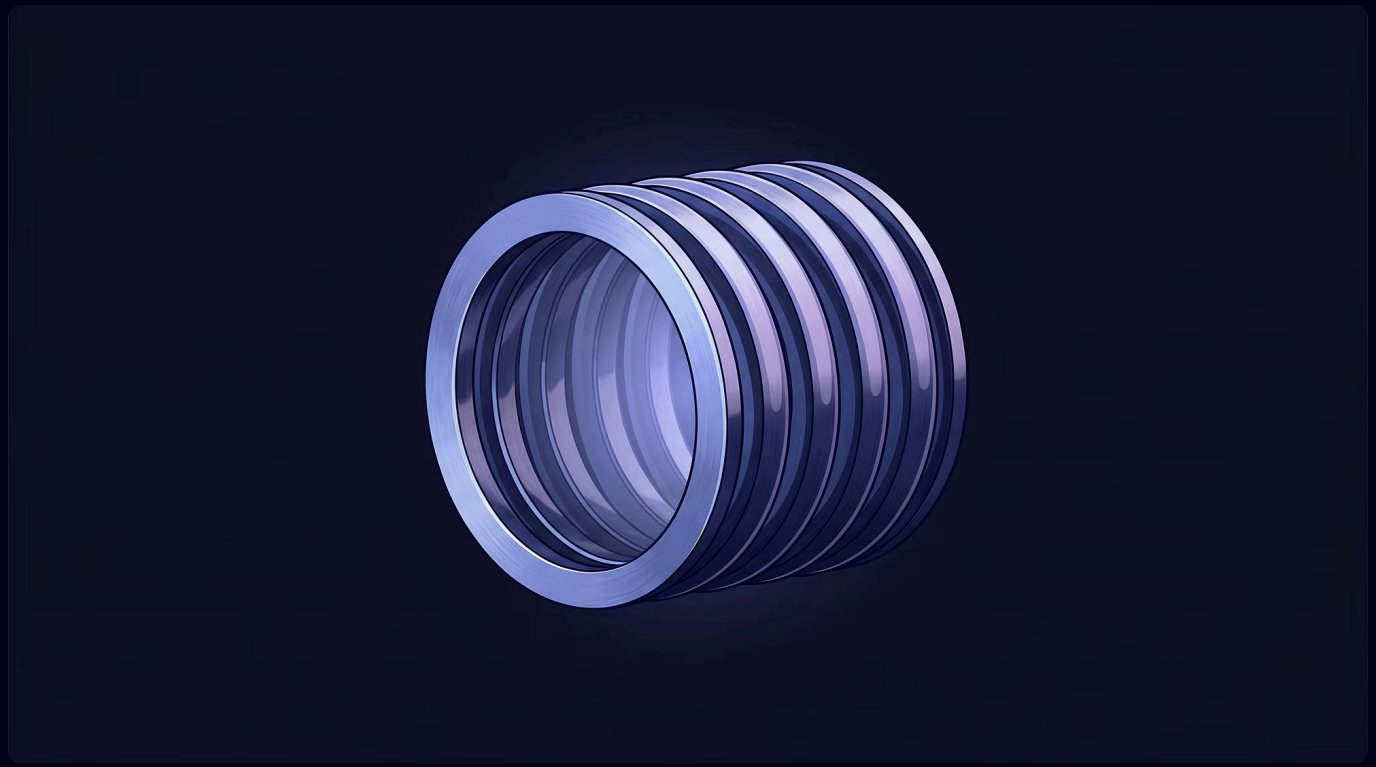


Alkenlerin Katalitik Hidrojenasyonu

Ders Sunumu

TERADİGMA



Alken Nedir? Çift Bağın Önemi

Karbon atomları bazen tek bağ, bazen de **çift bağ** kurarak bir araya getirilmiştir.

> 🤔 Sence neden bazı moleküller "daha kararlı" bir yapıya geçmeye eğilimlidir?

Alken Tanımı

Çift bağ içeren moleküllere **alken** adı verilir.

Depolanmış Enerji

Bu çift bağ, içinde enerji depolanmış sıkışmış bir yay gibidir — açılmaya hazır.

Kararlı Yapıya Geçiş

Açıldığında daha kararlı, tek bağlı yapıya (**alkan**) geçilir ve ısı dışarı verilir.

Hidrojenasyon Nedir?

Alkenlerin hidrojen gazı (H_2) ile birleştirilip yapısının değiştirilmesi işlemine **katalitik hidrojenasyon** denir.

Başlangıç Durumu

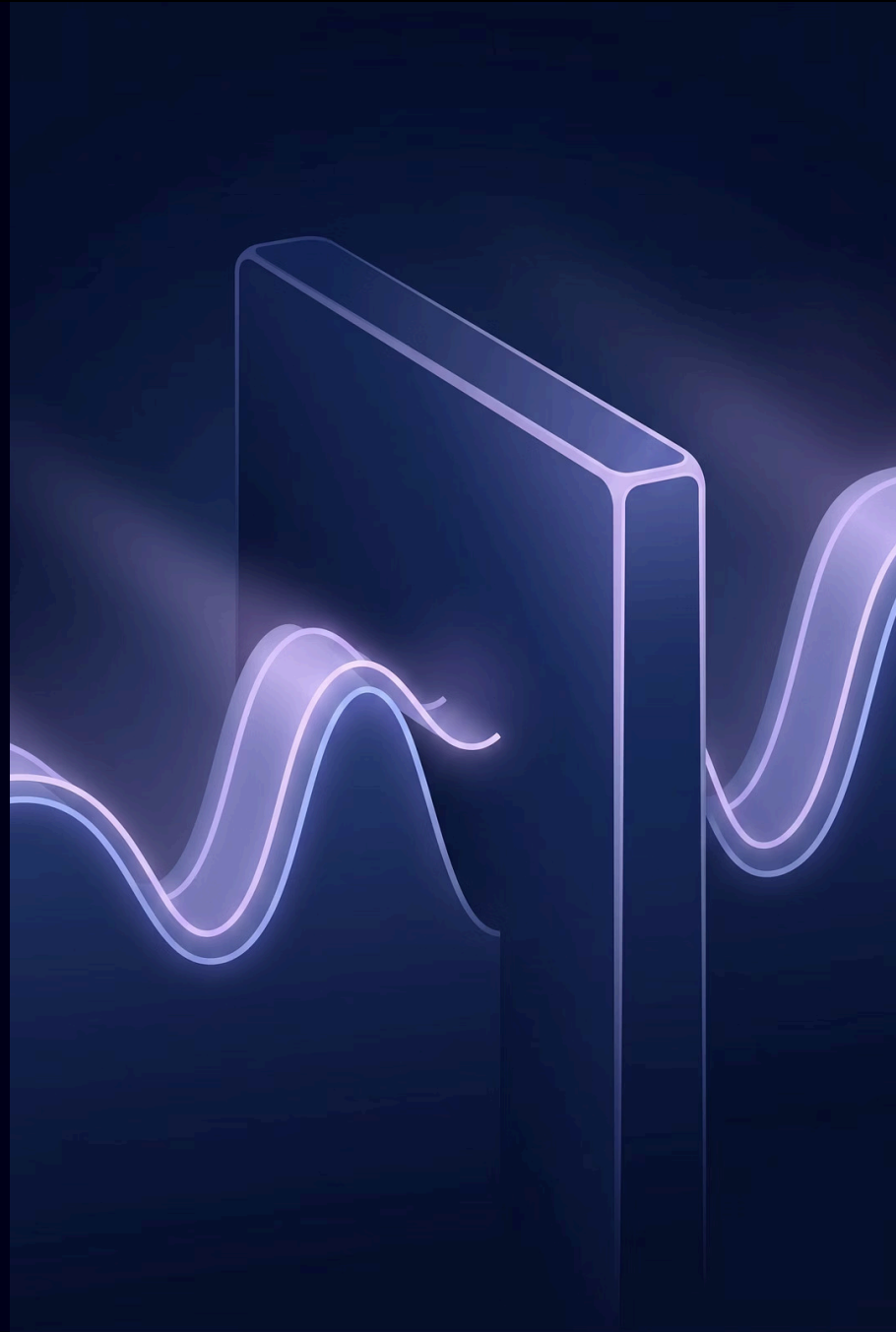
Bir alken molekülü ile H_2 gazı aynı kaba konulduğunda, oda sıcaklığında hiçbir şey olmaz.

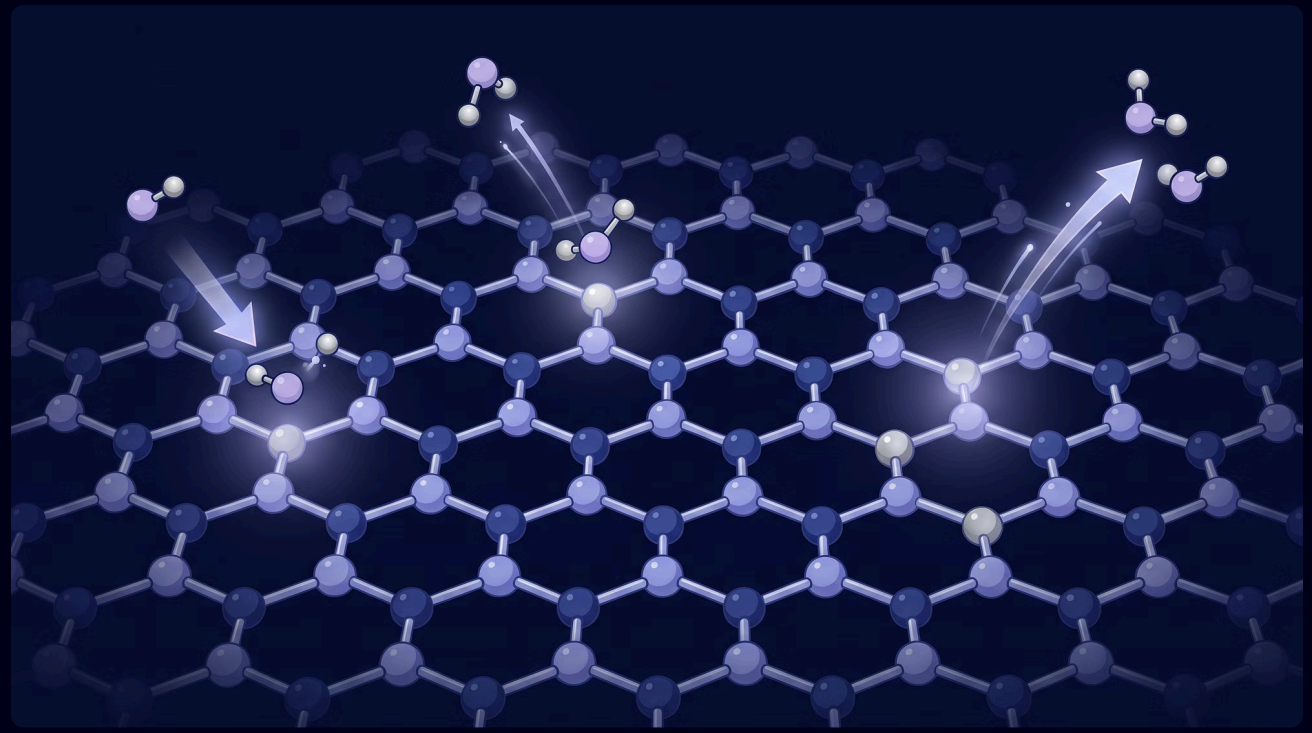
Aktivasyon Enerjisi

Çünkü reaksiyonun başlayabilmesi için yüksek bir enerji duvarı (**aktivasyon enerjisi**) aşılmalıdır.

Katalizörün Rolü

Bu duvarı aşabilmek için sisteme özel görevliler — **katalizörler** — dahil edilmiştir.





Katalizör: Atomik Bir Buluşma Platformu

Platin (Pt), Paladyum (Pd) ve Nikel (Ni) gibi geçiş metalleri bu süreçte bir "tezgâh" görevi görür.

> 🤔 Cansız bir metal parçası, binlerce molekülü nasıl bu kadar düzenli bir şekilde karşılayıp uğurlayabilir?

Tükenmez Görevli

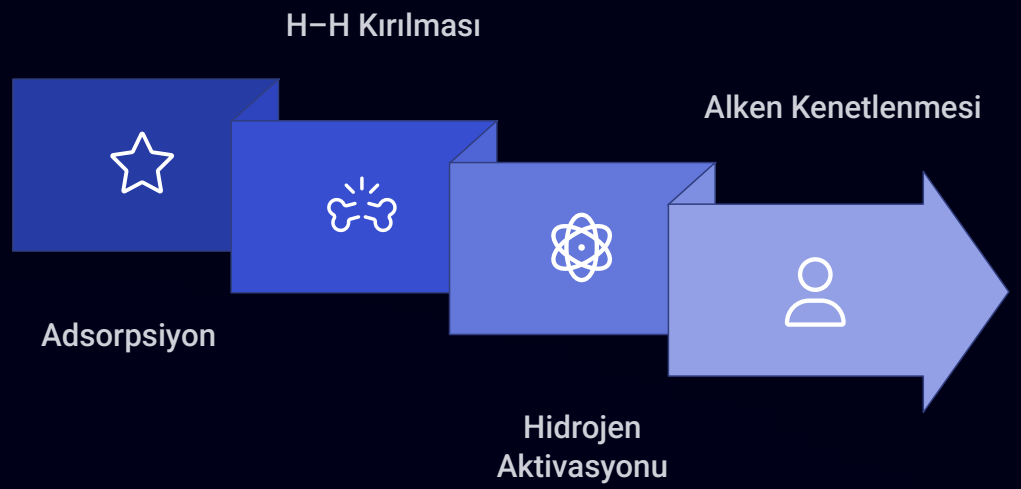
Katalizör, reaksiyon sonunda tükenmez; her işlem bitiminde tekrar hazır hale gelir.

Enerji Duvarını Alçaltır

Aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyonun gerçekleşmesine zemin hazırlar.

Horiuti-Polanyi Mekanizması — 1. ve 2. Adım

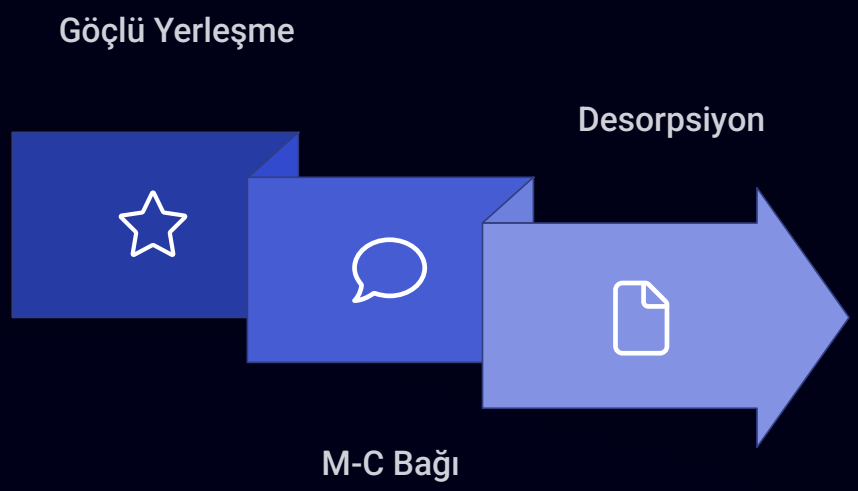
Bu dönüşüm süreci **Horiuti-Polanyi Mekanizması** adıyla bilinen, adım adım işleyen bir prosedürle yürütülmüştür.



1. Adım — İniş ve Hazırlık (Adsorpsiyon): H_2 molekülü metal yüzeyine yaklaşır; metal atomlarının elektron bulutları H–H bağını koparır. İki ayrı hidrojen atomu yüzeye tutunur ve "aktif" hale getirilmiş olur.

2. Adım — Alkenin Yüzeye Kenetlenmesi: Alken molekülü yüzeye yanaşır; çift bağdaki yoğun elektron bulutu (pi bağı) yüzeyle etkileşir. Molekül, hidrojenleri kabul edebilecek en uygun geometrik açıda yüzeye oturtulur.

Horiuti-Polanyi Mekanizması — 3. ve 4. Adım



3. Adım — Göç ve Birleşme: Yüzeyde hareket eden hidrojen atomlarından biri kayarak alkenin bir karbon atomuna bağlanır. Metal ile molekül arasında geçici ama kritik bir bağ (M-C bağı) kurulur; buna **göçlü yerleşme** denir.

4. Adım — Tamamlanma ve Ayrılış (Desorpsiyon): İkinci hidrojen atomu da diğer karbon atomuna eklenir; çift bağ tamamen açılır. Oluşan yeni ve kararlı molekül (alkan) yüzeyden ayrılır; tezgâh bir sonraki işlem için hazırlanmış olur.

Sabatier İlkesi: "Tam Kararında" Bir Denge

Metal yüzeyinin molekülleri tutma gücü, hassas bir denge noktasında ayarlanmıştır — **Sabatier İlkesi**.

> 🤔 Bu denge, elementlerin özelliklerinin rastgele mi, yoksa belirli bir işlev için mi tanzim edildiğini düşündürüyor?

Çok Zayıf Tutarsa

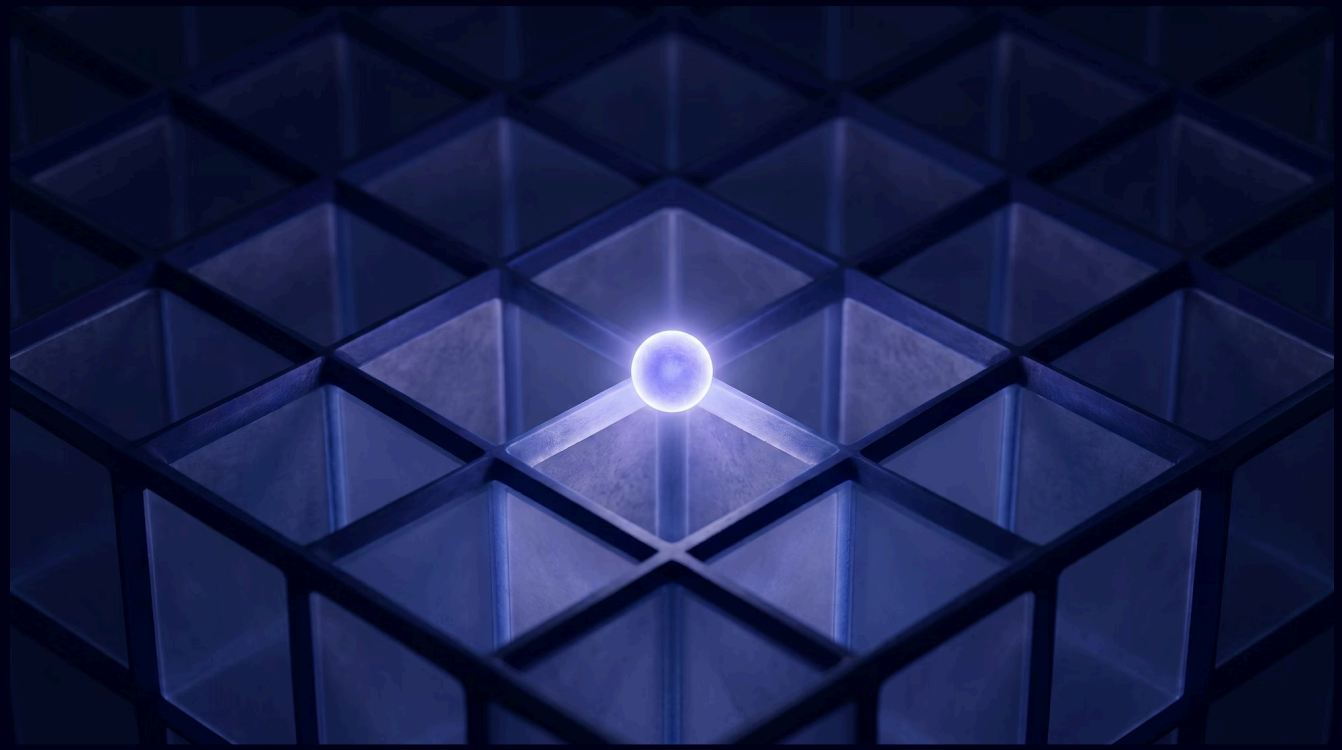
Moleküller yüzeyde kalamaz, uçup gider → reaksiyon gerçekleşmez.

Çok Güçlü Tutarsa

Ürün yüzeye yapışır kalır, yüzey tıkanır → **katalizör zehirlenmesi**.

Tam Kararında

Yalnızca belirli geçiş metalleri bu denge noktasına tam isabet edecek elektronik yapıya sahip kılınmıştır.



Tek Atomlu Katalizörler (SACs)

Geleneksel yöntemlerde büyük metal topakları kullanılır; iç kısımdaki atomlar reaksiyona katılamayıp israf olur.

Tek Atomlu Katalizörler (SACs)

Metaller, destek malzeme üzerine atom atom, tek tek yerleştirilir.

%100 Atom Verimliliği

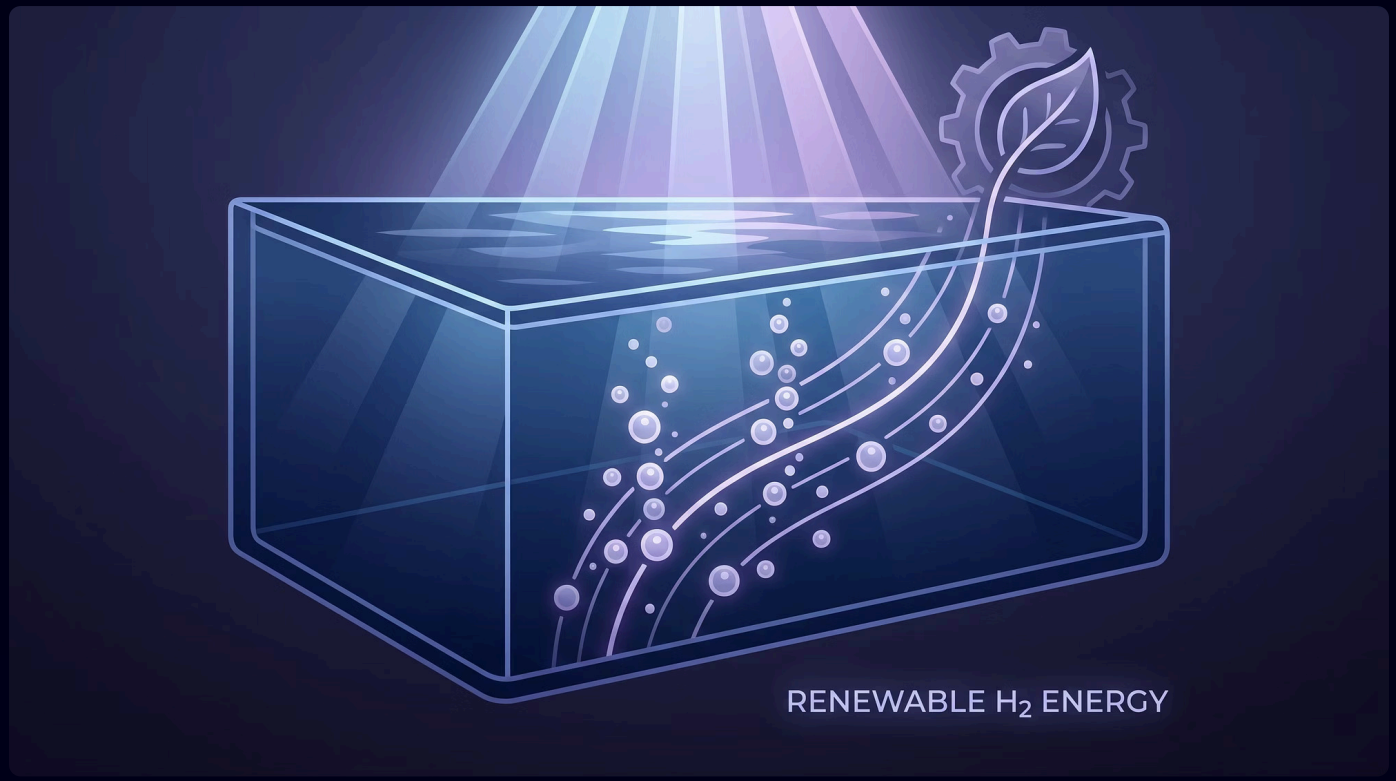
Her bir atomun reaksiyona bizzat katılması sağlanır — hiçbir atom israf edilmez.

Mühendislik Tasarımı

Maddenin en küçük biriminin dahi israf edilmeden tam kapasiteyle çalıştırıldığı ileri bir tasarımdır.

Geleneksel Katalizörler ile SACs Karşılaştırması

Özellik	Geleneksel	SACs
Yapı	Metal nanokümeler	İzole tekil atomlar
Verimlilik	%20–30 aktif yüzey	%100 atom kullanımı
Seçicilik	Karışık ürünler	Çok yüksek, hedefe odaklı
Maliyet	Yüksek metal → pahalı	Düşük metal → ekonomik



Fotokatalitik Hidrojenasyon

Günümüzde güneş ışığı kullanılarak sudan elde edilen hidrojenle alkenlerin doyurulması üzerine çalışmalar yürütülmektedir.

Fotokatalitik Hidrojenasyon

Bu yönteme **fotokatalitik hidrojenasyon** adı verilir; güneş enerjisi doğrudan kimyasal dönüşüme aktarılır.

Suyun Çift Rolü

Su, sistemde hem **proton kaynağı** hem de **elektron verici** olarak tasarlanmıştır.

Sürdürülebilir Döngü

Temiz ve sürdürülebilir bir enerji döngüsünü hedefler — fosil yakıt bağımlılığı olmadan.

Hammadde mi, Sanat mı?

Katalitik hidrojenasyon, aynı zamanda bir "sanat dönüştürme" işlemidir — mürekkep ile şiir arasındaki fark gibi.

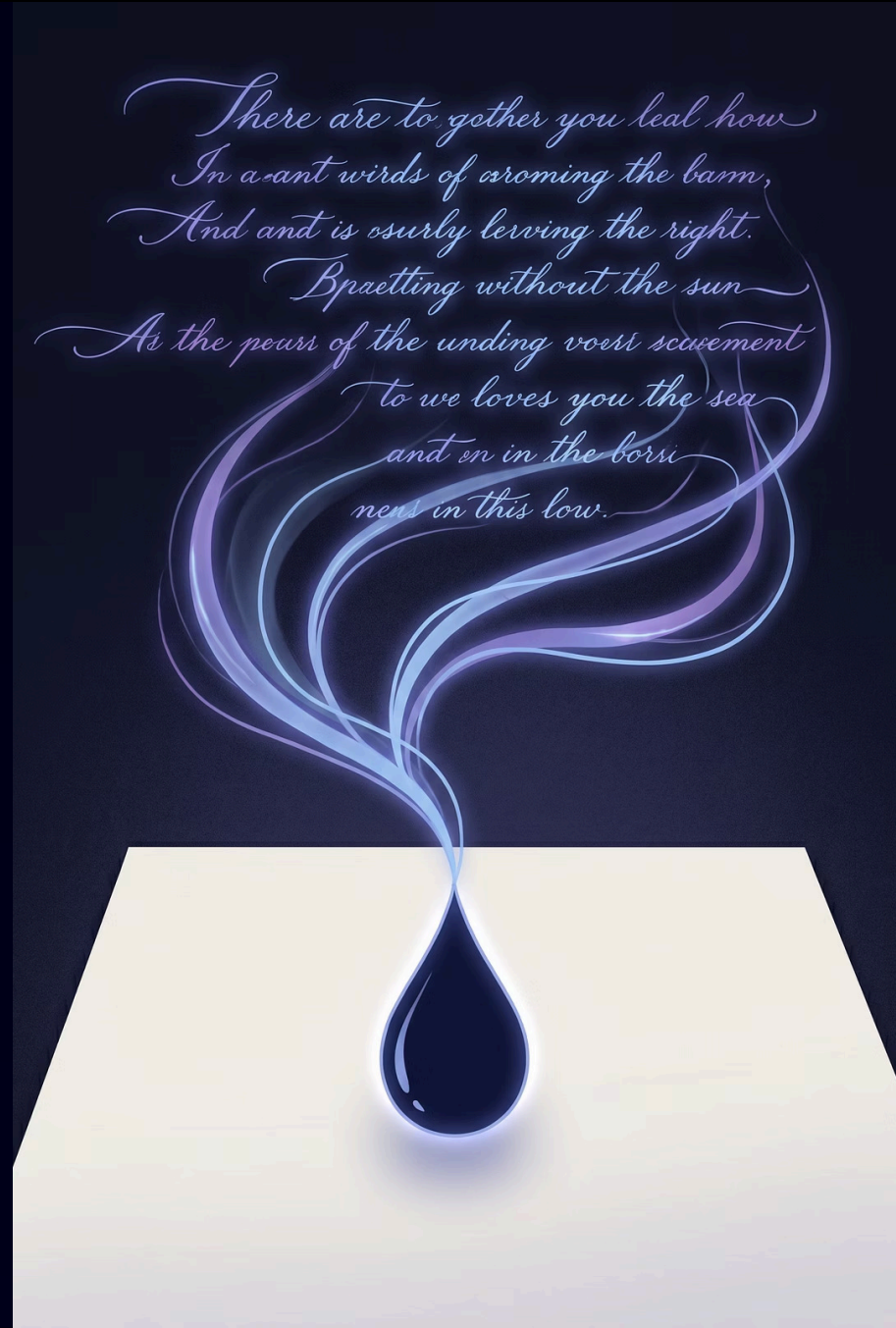
Hammadde

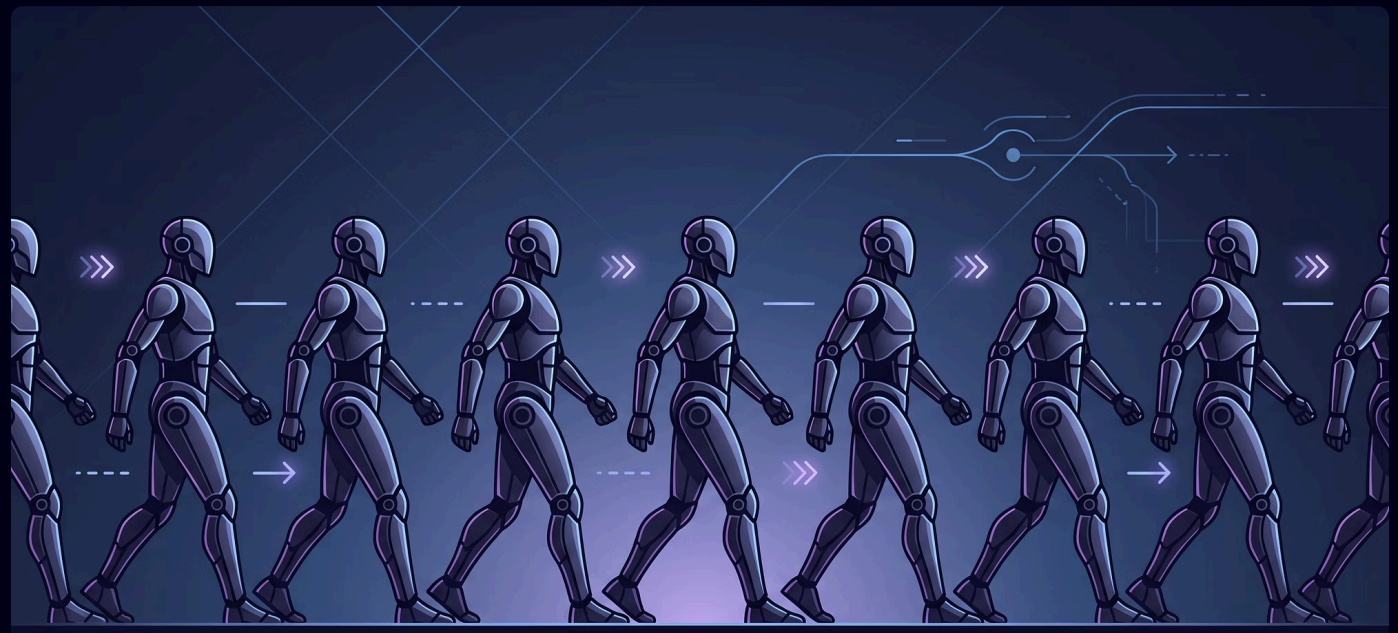
Karbon ve hidrojen atomları — evrenin her yerinde bulunan sıradan yapı taşları.

Sanat

Bu atomların belirli bir geometriyle, belirli bir açıyla ve belirli bir sırayla yeniden dizilerek kalp ritmini düzenleyen bir ilaca, margarine veya yüksek oktanlı bir yakıta dönüştürülmesi.

> Katalizör tezgâhında değişen, atomların kendisi değil; onların **dizilişidir** — maddeye yeni özellikler, yeni "manalar" kazandırılmaktadır.





ATOMS IN FORMATION: UNIVERSAL LAWS

Şuursuz Atomların Düzenli Hareketi

> 🤔 "İstemeyen", "bilmeyen" ve "görmeyen" bu varlıklar nasıl mühendis titizliğiyle işleyen bir süreci hatasız yürütebilir?

Platin Atomunun Bilinci Yok

Bir platin atomunun, "Sabatier ilkesine göre tam kararında tutmalıyım" diye düşünecek bir bilinci yoktur.

Hidrojen Gazı Plan Yapamaz

Hidrojen gazı, "alkenle birleşirsem daha kararlı olurum" diye bir plan yapamaz.

İtaatkâr Görevliler

Öyleyse bu atomlar birer "fail" değil; evrensel bir ilim ve kudretin koyduğu kanunlar çerçevesinde hareket eden itaatkâr görevlilerdir.

Hassas Ayar: Anahtar-Kilit Uyumu

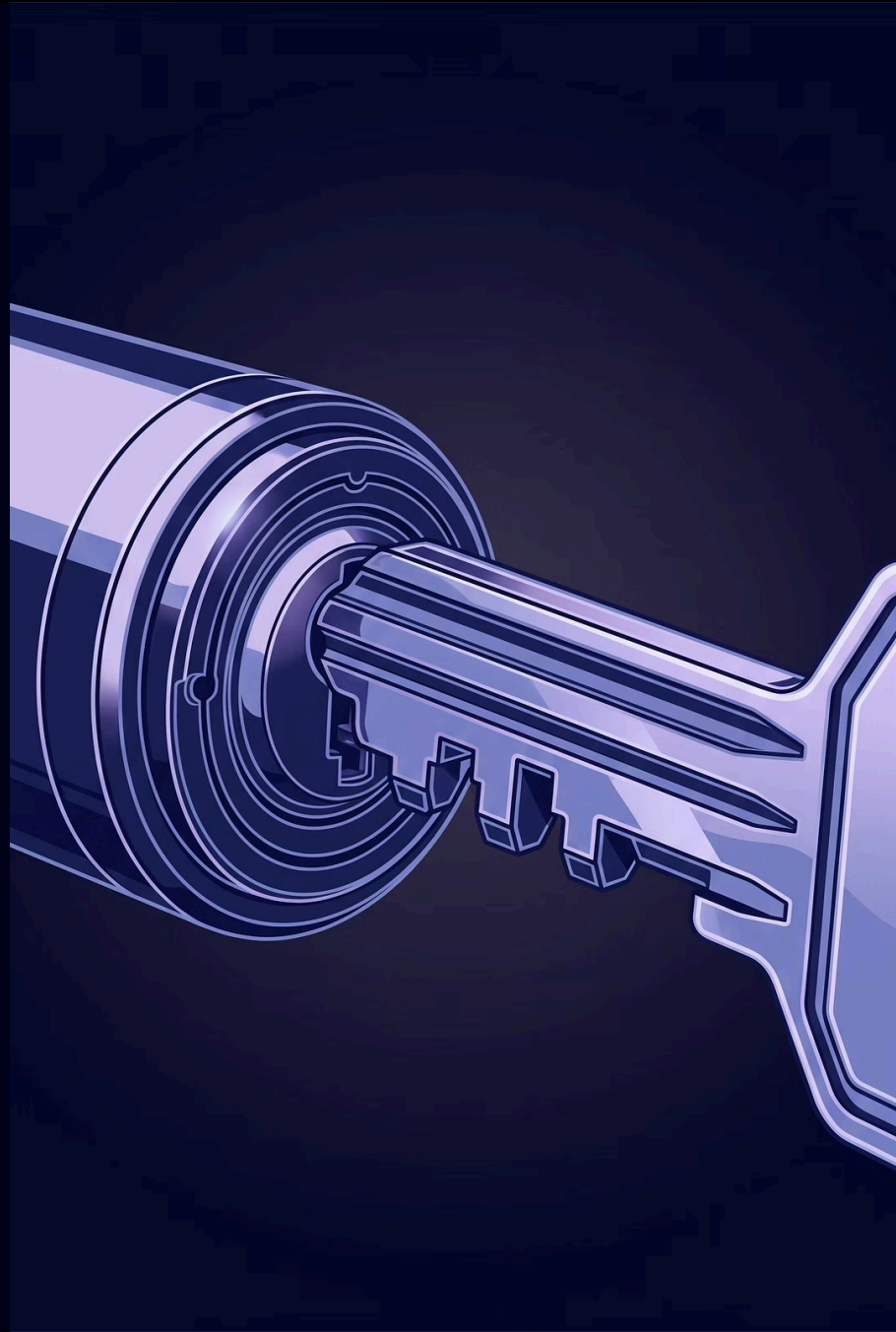
Sabatier ilkesindeki "tam kararında" denge, kimya dünyasında **hassas ayar** (fine-tuning) gerçeğinin somut bir yansımasıdır.

Orbital Enerji Seviyesi

Platin atomunun d-orbitallerindeki elektronlar mevcut enerji seviyesinden çok az farklı olsaydı → reaksiyon gerçekleşmezdi.

Anahtar-Kilit Uyumu

Metalin yüzeyindeki atomik boşluklar ile gaz molekülünün geometrisi arasındaki **anahtar-kilit uyumu**, her iki varlığın da aynı nizamın birbirini tamamlayan parçaları olarak tanzim edildiğini düşündürmektedir.



Özet: Mekanizma ve Anlam

Alkenlerin katalitik hidrojenasyonu, atomik düzeyde adım adım işleyen bir prosedürle gerçekleştirilmiştir:

1. **Horiuti-Polanyi Mekanizması**
   Adsorpsiyon → kenetlenme → göçlü yerleşme → desorpsiyon
2. **Sabatier İlkesi**
   Katalizörün "tam kararında" tutma gücü, sistemin tamamının çalışma koşuludur.
3. **SACs Teknolojisi**
   Her atomun tam kapasiteyle değerlendirildiği ileri tasarım.
4. **Bilim ve Akıl**
   Bilim bu dansın **nasıl** işlediğini ortaya koyar; akıl ise **kimin emriyle** ve **hangi gaye için** yapıldığını sorgular.

Katalizör tezgâhında değişen, atomların kendisi değil; onların **dizilişidir** — maddeye yeni özellikler, yeni "manalar" kazandırılmaktadır.